Aus der Orthopädischen Poliklinik der Charité
(Direktor: Prof. Dr. Kreuz)

Ueberlastungsschäden und Umbauzonen am Skelett

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des

Medizinischen Doktorgrades

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin

vorgelegt von

Hartwig Heyck
aus Ermatingen

Tag der Promotion: 21. 9. 1939

Druck: Karl u. Richard Hoffmann, Charlottenburg, Schillerstraße 44.

M 222

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Kreuz
Referent: Prof. Dr. Kreuz

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550804_0134

Während der letzten Jahre ist eine zunehmende Häufung von Beobachtungen sogenannter Ueberlastungsschäden am Knochensystem zu verzeichnen. Besonders von militärärztlicher Seite werden sie vorwiegend in der deutschen, aber auch ausländischen Literatur als Spontanfrakturen, sog. Dauerbrüche, aber auch als Umbauzonen beschrieben und somit einer zuerst von Looser so bezeichneten Erkrankung zur Seite gestellt. Es handelt sich um charakteristische, zonenförmige Veränderungen der Knochenstruktur, die an bestimmten Stellen des Skeletts unter funktionell-mechanischer Beanspruchung auftreten, wobei in der überwiegenden Zahl der Fälle, aber durchaus nicht immer die Beanspruchung entweder rein quantitativ oder in der Form ihrer Einwirkung die Grenze der physiologischen Norm überschritten hat. Wo die Grenzen funktioneller Dauerbeanspruchung liegen, können wir nicht sagen, daß sie aber existieren, ist eine neuere Erkenntnis, die besonders deutlich an Hand des Ueberlastungsschadens veranschaulicht wird (siehe bes. Bätzner: Sport- und Arbeitsschäden).

Die grundlegenden Arbeiten Pommer's zeigten, daß die Knochenform und -struktur weder absolut starr, noch nach Abschluß des Wachstums unabänderlich gegeben ist. Er fand, daß der Knochen in einem ständigen, langsamen Umbau durch fortwährende Resorption und Apposition begriffen ist, der das ganze Leben hindurch währt. Auf diese Weise ist dem Knochen die Fähigkeit gegeben, auf alle möglichen äußeren Einflüsse mit Gestalt- und Strukturveränderungen zu antworten, in denen Roux in seiner Lehre von der funktionellen Anpassung eine bestimmte Gesetzmäßigkeit erkannte. Ganz allgemein versteht Roux unter funktioneller Anpassung die Tatsache, daß es durch Steigerung der Funktion zu einer Vergrößerung und durch verminderte Funktion zur Verkleinerung des Organs kommt (Aktivitätshypertrophie und Inaktivitätsatrophie), daneben aber auch zu einer Steigerung oder Verminderung der Lei-

stungsfähigkeit desselben. Diese funktionelle Anpassung begründet Roux durch den Begriff des funktionellen Reizes, dem eine trophische Wirkung auf das Organ zukommt. Die Funktion der Skeletteile aber ist eine statische und besteht darin, erstens als tragende Säulen dem Druck des auf ihnen ruhenden Körpergewichtes und zweitens dem Druck und Zug der an ihnen ansetzenden Muskulatur standzuhalten, drittens aber in der damit verbundenen Biegungs- und Abscherungsbeanspruchung. Dabei wiegt für die einzelnen Skeletteile, je nach dem, die eine oder andéré Form der Beanspruchung vor. Dadurch, daß der Knochen auf alle so auf ihn einwirkenden Druck-, Zug-, und Biegungsbeanspruchung reagiert, die als funktionelle Reize eine trophische Wirkung ausüben, „werden die der Knochensubstanz anliegenden, resp. eingefügten spezifischen Zellen zur Knochenbildung (Apposition) angeregt, während an den Stellen, wo solche Spannungen lange Zeit ausbleiben oder nur in geringer Intensivität stattfinden, Resorption des Knochens, Inaktivitätsatrophie stattfindet. An den bei Aenderung der Funktion eines Knochens, resp. Knochenbälkchens, -blättchens oder -röhrchens stärker belasteten Stellen desselben wird also Knochenanbildung, an den entlasteten Stellen Schwund eintreten und so allmählich der Knochen eine der neuen Funktion entsprechende Struktur und Gestalt erlangen" (Roux).

W. Müller nennt in seinem Buch über die „Normale und pathologische Physiologie des Knochens" als älteste Lehre über die Wirkung des Drucks auf den Knochen die Theorie von Hüter-Volkmann, die in erster Linie für den wachsenden Knochen Gültigkeit hat und für die Belastungsdeformitäten aufgestellt ist. Danach soll abnormer Druck das Knochenwachstum hemmen, während verminderter Druck oder Zug dasselbe fördern. Gegen diese Theorie entstand die Lehre von J. Wolff, der fand, daß an dem durch Biegung deformierten Knochen an der konkaven Seite, also auf der Seite des vermehrten Drucks, Verdickung der Kortikalis und Verdichtung der Spongiosa vorhanden war, während an der konvexen Seite, also an druckentlasteten Partien, Verschmälerung der Kompakta und Auflockerung der Spongiosastruktur bestand. Jores

hat auf Grund seiner experimentellen Untersuchungen die obigen Lehren weiter ausgebaut und dahingehend modifiziert, daß er den Druck, solange dieser auf den Knochen einwirkt, als Hemmung für dessen Wachstum ansieht, indem dieser die Resorption von Knocheen veranlaßt, ein Nachlassen des Druckes jedoch eine Proliferation von Knochen am Orte der Einwirkung hervorruft. Wenn der Druck also konstant ist oder die Zeitdauer des Druckes gegenüber den druckfreien Perioden überwiegt, tritt Schwund von Knochengewebe ein, ein Knochenwachstum dagegen dann, wenn die druckfreien Perioden in ihrer Wirkung überwiegen. Im Anschluß an Beobachtungen von Beneke, M. B. Schmidt und W. G. Lange kommt auch W. Müller zu dem Schluß, daß die Zeitdauer der Beanspruchung von großer Wichtigkeit ist und daß eine kurze und starke, aber wieder unterbrochene Druckbeanspruchung auf diese Weise als ein stark wachstumsfördernder Reiz wirksam werden kann, somit auch häufigen Stoßerschütterungen eine besondere form- und strukturbeeinflussende Wirkung zugeschrieben werden muß.

Nach der Lehre Wolff's wird jede Aenderung der statischen Verhältnisse, wie sie im normalen Leben vorkommt, zu Umformungsprozessen am Knochen führen, die sich stets langsam und in den meisten Fällen unmerkbar vollziehen. Von viel größerer Bedeutung, besonders hinsichtlich der verschiedenen Formen des Ueberlastungsschadens, sind die Vorgänge beim akuten Knochenumbau. Die ersten Beobachtungen machte B. Martin bei seinen Untersuchungen über experimentelle Pseudoarthrosenbildung und die Voraussetzungen der Kallusbildung. Er wählte zu den sehr zahlreich durchgeführten Versuchen die Speiche des Hundes, an der es ihm häufig Pseudarthrosen dadurch zu erzielen gelang, daß er über eine längere Strecke der Diaphyse den größten Teil der Knochenbestandteile entfernte und dabei entweder allein den Periostschlauch oder nur den Markzylinder oder auch allein die Kortikalis bestehen ließ. Auf diese Weise suchte er die Rolle der einzelnen Knochenbestandteile festzustellen. Daneben beobachtete Martin nun des öfteren charakteristische Veränderungen an der dem pseudarthrotischen Radius gegen-

überliegenden Ulna, teils auf gleicher Höhe, teils tiefer gelegen: Auf eng umschriebener Stelle wird die periostale Begrenzung der Ulnadiaphyse undeutlich (im Röntgenbild), durch periostale Auflagerungen spindelförmig verdickt, dabei geht die strukturelle Zeichnung des Knochens zunehmend verloren. Nach einer zwischen 5—10 Wochen schwankenden Zeit tritt einmal auf der dem Radius zugekehrten, in einem anderen Falle auf der abgekehrten Seite ein Spalt auf, der sich verbreitert und vertieft, gleichzeitig erfolgt starke Porosierung der Kortikalis und mäßige Spongiosabildung in der Markhöhle. Gelegentlich enden diese Veränderungen als Frakturen, „die eine von den gewöhnlichen Biegungsbrüchen völlig abweichende Form haben", in anderen Fällen ebenfalls als Pseudarthrosen. Martin deutet diese Vorgänge am Parallelknochen als Fernwirkung und nennt sie „sympathischen Knochenschwund". Die gleiche Schädigung, die am ersten Knochen die Pseudarthrose hervorruft, soll auch auf den Begleitknochen übergreifen können und dort die gleiche Wirkung ausüben. Eine Erklärung der Ursache findet Martin nicht, er deutet hormonale Einflüsse an, wie Bier sie vermutet hat, die andererseits von Lexer und W. Müller abgelehnt werden.

W. Müller zielt in seinen Versuchen darauf ab, festzustellen, welche Prozesse sich am Knochen unter plötzlicher, ganz abnormer Beanspruchung abspielen. Er wählt dafür eine ganz ähnliche Versuchsanordnung. Nach Resektion eines Stückes der Radiusdiaphyse beim Hund und Implantation eines frei transplantierten Gelenkes konnte er, wenigstens für längere Zeit, eine „Pseudarthrose" erzielen. Dabei beobachtete er gegenüber der Radiuspseudarthrose an der beim Hunde relativ dünnen Ulna, die jetzt einer das Mehrfache des Normalen betragenden Belastung ausgesetzt war, folgendes: Von der 6. Woche an setzte eine leichte Verschleierung der Struktur und gleichzeitig an den Randpartien, bes. an der dem Radius abgekehrten Seite periostale Knochenanbildung ein. An der breitesten Stelle wird die ursprüngliche Dicke des Knochens vervierfacht. „Etwa um den 3.—4. Monat herum hat die Ulna an dieser Stelle fast keine Struktur mehr, erinnert überhaupt an einen frischen Kallus, aber im Laufe der nächsten Zeit

bekommt die Ulna, die die nun einmal angenommene Dicke annähernd beibehält, wieder Struktur, es bildet sich eine dicke Kompakta und ein Markraum und nach ½ Jahr ist die Umformung der jetzt bedeutend dickeren und leicht verbogenen Ulna beendet". Wir sehen hier also, daß unter abnorm starker mechanischer Irritation ein funktioneller Reiz ausgeübt wird, dessen Folgen röntgenologisch nachweisbar sind und sowohl in vermehrter Neubildung von Knochen, andererseits aber auch in intensivem Abbau unter Auflösung der Struktur, besonders der Kortikaliszeichnung, besteht. Unter abnormen mechanischen Reizen tritt also eine Steigerung des physikalischen Knochenumbaues ein, die Vorgänge der normalen Apposition und Resorption sind um das Vielfache gesteigert. Auf Grund der experimentellen Resultate Martin's und W. Müller's muß nun angenommen werden, daß unter mechanischen Einwirkungen, die die Resistenzfähigkeit des Knochens übersteigen, die Vorgänge der Resorption diejenigen der Apposition überwiegen, und es damit zur Pseudarthrosenbildung oder wie andere Beobachtungen später zeigen, auch zur Fraktur kommen kann.

Auch H. Walter sucht in seinen 1933 veröffentlichten Versuchen, die er in Anlehnung an die Experimente von von Müller unternahm, dem wirksam mechanischen Prinzip näher kommen. Er legte am Radius des Rhesusaffen Pseudarthrosen an, im einen Falle kurz über dem Handgelenk, im 2. Fall nahe der Ellenbeuge. Auch hier traten Umbauzonen auf, die den von Looser beschriebenen entsprechen und sich histologisch als kallöser Knochen erwiesen, durchsetzt von vermehrtem Bindegewebe im Gebiet der Aufhellungszonen. Da diese Zonen nicht gegenüber der Pseudarthrose, sondern im 1. Fall zwischen proximalem und mittlerem Drittel, im 2. Fall zwischen distalem und mittleren Drittel auftraten, glaubt Walter beweisen zu können, daß gerade an dieser Stelle sich jeweils die Zone der stärksten Biegungsbeanspruchung befindet und meint, daß auch der gesunde, früher nicht geschädigte Knochen „einer immer wiederkehrenden Beanspruchung auf die Dauer nicht standhält, wenn sie vornehmlich biegend auf die Osteonenzüge wirkt". Biegungsbeanspruchung und zu schnelle zeitliche

Folge von Einzelleistungen, die im einzelnen gar kein Uebermaß darzustellen brauchen, aber durch zu kurze Intervalle dem Knochen keine Erholungsmöglichkeit lassen, hält Walter für die Ursache. „Wir finden das Prinzip des Knochenumbaues überall da, wo der Knochen fortgesetzt einer biegenden Kraft unterworfen ist, die er nicht mehr durch Neubildung kompensieren kann". Der sonst ausgeglichene Vorgang der Resorption und Apposition verschiebt sich zu Ungunsten der letzteren. Diese am gesunden Knochen gemachten Beobachtungen zeigen, daß die Roux'sche Lehre von der funktionellen Anpassung nicht mehr in vollem Umfang aufrecht zu erhalten ist.

Bei jenen Aufhellungszonen, welche Looser unter zahlreichem klinischen Material anläßlich seiner Untersuchungen über die Rachitis und Osteomalazie gefunden hat, handelt es sich um ähnliche Umbauprozesse, die aber durchwegs an pathologisch schwer veränderten Skeletteilen auftreten. Es sind quere band- oder spaltförmige, mehrere Millimeter breite Aufhellungen der Knochenstruktur, die meist im Diaphysenabschnitt der langen Röhrenknochen und immer an Biegungsstellen auftreten. Der Knochen sieht hier aus, „wie wenn seine Struktur quer ausradiert wäre". Dabei findet sich fast stets eine Infraktion, daneben leichte Kallusbildung in Form von periostalen Auflagerungen an der konkaven Seite des an der Infraktionsstelle verbogenen Knochens. Charakteristisch ist im Röntgenbild die Verwaschenheit der freien Ränder und das Fehlen einer Dislocatio ad latus. Looser erklärt die Veränderungen folgendermaßen: „Es handelt sich an diesen Stellen um einen lokalen Umbau des Knochens, um eine Art von langsamer, schleichender Kallusbildung ohne eigentliche Fraktur. Daß der alte Knochen an diesen Biegungsstellen durch den mechanischen Insult verschwindet, kann vielleicht damit erklärt werden, daß der lamellöse Knochen erfahrungsgemäß auf lange dauernde mechanische Insulte sehr empfindlich ist. Wir wissen ja, daß der Knochen dem dauernden Druck von Aneurysmen und dem Druck von Tumoren viel weniger standhält, als irgend ein anderes Körpergewebe und an den Druckstellen abgebaut wird. Wir können uns demnach vorstellen, daß an den erwähnten Biegungs-

stellen der mechanische Druck und die fortgesetzte mechanische Irritation einer lokalen Verbiegung oder Infraktion den alten Knochen, wie bei einer Usur, langsam zum Schwund bringt, daß hier aber gleichzeitig eine Art von schleichender Kallusbildung einsetzt, die die Stelle mechanisch zusammenhält".

Wichtig für das Verständnis der pathologischen Vorgänge bei der Rachitis ist die Erkenntnis Looser's über die Natur des sogenannten geflechtartigen Knochens, der sich vom lamellösen dadurch unterscheidet, daß sich seine Fibrillen regellos durcheinander verfilzen. Er findet sich in größerer Menge nur unter pathologischen Verhältnissen, und zwar nicht nur in mehr oder weniger mächtigen Lagern periostaler Auflagerungen und als Markosteophyten bei der Rachitis, sondern vor allem in typischer Weise im Kallus. Looser betrachtet die Osteophytenbildung, also den geflechtartigen Knochen, bei der Rachitis und Osteomalazie als einen reparatorischen Vorgang, wie er sich im jugendlichen Knochen besonders leicht und reichlich bildet, und der sich in nichts von der Bildung des Kallus, also auch außerhalb des Krankheitsbildes der Rachitis, z. B. nach Frakturen, unterscheidet und mit dem er nach Looser's Untersuchungen auch morphologisch völlig übereinstimmt. Es brauchen also jene Umbauzonen, wie Looser sie beschrieben hat, nicht unbedingt nur als Folge der Rachitis und ähnlicher kalzipriver Krankheitsbilder auftreten, sondern wir müssen annehmen, daß der Knochen auch auf andere übermäßige Gewebereize in ähnlicher Weise reagieren kann.

Nach den Veröffentlichungen Loosers traten bald nach Kriegsende sehr zahlreiche Autoren mit ähnlichen Befunden hervor, die bei dem nicht ganz einheitlichen Bild der sogenannten Hungererkrankung erhoben wurden: Belastungsdeformitäten, Spontanfrakturen, unklare Schmerzzustände schon bei geringer Beanspruchung der Gliedmaßen. Bei der röntgenologischen Untersuchung fanden sich Aufhellungszonen, nicht nur an den langen Röhrenknochen, wie an der Tibia (Fromme, Simon) mit genu varum-Bildung durch Spontanfraktur (Haß), an der Fibula (Seeliger), an der Ulna (Strohmann, Seeliger),

am Trochanter minor des Oberschenkels (Peritz, Strohmann), am Femurschaft und am Radius (Seeliger), sondern auch an Talus und Mittelfußknochen, an der Clavikel und an den Rippen und allen 4 Schamästen wurden sie namentlich von Wiener Autoren nach der Aufstellung Seeligers gefunden. Die Uneinheitlichkeit in den Symptomen der Grunderkrankung, teils als Spätrachitis oder Osteomalazie, teils als eigenes Krankheitsbild der sogenannten Hungererkrankung gedeutet, ließ über die Ursachen dieser Knochenveränderungen vorerst nur Vermutungen aufkommen. Simon machte die Beobachtung, daß es sich meist um junge Leute von 14—20 Jahren handelte, das Verhältnis der Männer zu den Frauen war 4 : 1. Neben den spaltförmigen Aufhellungen am stark belasteten Knochen, wie an der Tibia, fand er auch Druckschmerzhaftigkeit am Brustbein.. Bei der Hälfte der Pat. beobachtete er Platt- oder Knickfüße. Gleich den Umbauzonen Loosers werden diese Veränderungen beschrieben als breitere, spaltförmige, quere Aufhellungszonen mit glatter und gleichmäßiger Begrenzung, teils bandförmig den ganzen Knochen durchsetzend, teils als keilförmiger Spalt, der nur bis zur Hälfte oder $^3/_4$ seines Durchmessers eindringt (Peritz, Simon). In einem Fall von Seeliger scheint im Röntgenbild die Aufhellungszone durch eine leichte Verdichtungszone am Uebergang zum normalen Knochenschatten begrenzt, auch Strohmann beobachtete bei typischer Erkrankung der Ulna ober- und unterhalb der bandförmigen Aufhellung „eine leichte Verdichtungszone der Knochenstruktur, die die durchgehende Aufhellung der Markhöhle an den Grenzen des Herdes zu unterbrechen scheint". Beide Autoren stellen die Eigenschaft der Erkrankung als echte Fraktur in Frage. Nach Seeliger und Haß kommt es nie zu zu einer Verschiebung der Bruchenden, es fehlt die Kontinuitätstrennung (Strohmann) und der ausgesprochene Bruchschmerz (Seeliger). Charakteristisch ist meist eine längere Anamnese und schleichender Beginn der Beschwerden, in einem Fall von Umbauzonen an allen 4 Schambeinästen (Seeliger) wurde ein 3 Jahre zurückliegendes Trauma angegeben, doch sonst fehlt dieses in der Anamnese. Die Schmerzen treten auf bei Belastung, meist beim Gehen,

am Unterarm bei der Arbeit, z. T. wird über Schwäche und Müdigkeit geklagt (Seeliger). Palpatorisch findet man umschriebene Schwellung im Krankheitsbereich und ausgesprochene Druckschmerzhaftigkeit. Während Simon und Strohmann lokale Erweichungsherde durch Störung des Kalkstoffwechsels annahmen. (Simon wies vermehrte Kalk- und Phosphorausfuhr nach und vermutete eine indirekte Schädigung durch Störung des endokrinen Systems), schließt sich Fromme der Auffassung Looser's an, daß die Umbauzone eine durch Biegung und dauernde mechanische Irritation zustandekommende schleichende Kallusbildung innerhalb des Knochens darstellt, ohne daß ein Trauma vorhergeht.

Zur Klärung der pathologischen Vorgänge resezierte Seeliger im Auftrage Lexers einen ausreichenden Abschnitt einer an typischer Umbauzone erkrankten Ulna bei einer 31-jährigen Pat., die seit frühester Jugend an Ernährungsstörungen und großer Schwäche litt infolge hochgradiger Obstipation bei Enteroptose, WaR. negativ, Blutbild ohne Besonderheiten. Im Röntgenbild zeigte sich die Aufhellungszone etwa 4 Querfinger oberhalb des Handgelenks als breite Zone den ganzen Diaphysenschaft durchsetzend, auf der Außenseite etwas breiter als radialwärts und am Uebergang zur normalen Knochenstruktur einen schmalen Verdichtungssaum aufweisend. Das histologische Präparat zeigt im Längsschnitt „durch lakunäre Resorption bedingte Verdünnung und Einschmelzung der Knochenbälkchen der Spongiosa und des alten lamellösen Knochens der Kortikalis mit Auftreten von umschriebenen Nekrosen in demselben, der schließlich an einzelnen Stellen ganz verschwindet. An seine Stelle tritt neuentstandener, vielfach noch geflechtartiger, aber zum Teil auch schon lamellös geschichteter Knochen, der als ein etwas älterer Kallus anzusprechen ist. Er liegt außen als periostale Verdickung auf, hat in der Mitte des Präparates völlig die alte Kortikalis ersetzt und hier auch die Markhöhle durchwachsen. Man kann also von einer förmlichen Umprägung der Kortikalisstruktur in Kallusstruktur sprechen. Dieser intermediäre, durch Umprägung entstandene Kallus weist in der einen Hälfte des Präparates eine durch die Operation und

Einbettung etwas vergrößerte Spaltbildung auf, während er in der anderen Hälfte kleinere Knorpelinseln und auch schon wieder kleine Knochennekrosen enthält. Diese Knochennekrosen und Knorpelinseln liegen alle in einer horizontalen Linie und deuten die Erschütterungszone bzw. drohende Spaltbildung an. In der Tiefe des fertigen Spaltes beim Uebergang zu dem sich vorbereitenden Spalt findet sich endlich ganz frischer Kallus aus osteoidem Gewebe, das ja in jedem jungen Kallus vorkommt". Bei einer symmetrisch an allen 4 Schambeinästen gefundenen Aufhellungszone zeigte das Präparat hochgradige Osteoporose des Knochens und teilweise fibröse Umwandlung des Marks. Bei dieser Pat. finden sich weder Ernährungsstörungen noch Rachitis in der Anamnese.

Seeliger stellt diese Erkrankung den Veränderungen bei der Looserschen Umbauzone an die Seite und beweist hier durch die histologische Untersuchung, was eigentlich schon aus den Worten von Looser selbst hervorgeht, daß Umbauzonen nicht für Rachitis und Osteomalazie spezifisch sind. Während es sich dort um eine Störung des Knochenanbaues, besonders der Kalkassimilation handele, liegt hier eine Osteoporose zugrunde, deren Wesen in „vermindertem Anbau bei gleichbleibender oder gar gesteigerter Resorption" besteht; die Fähigkeit, Kalksalze aufzunehmen, soll hier nicht gestört sein. Der Grund zur Osteoporose ist unzureichende Ernährung, wie hier in der Mehrzahl der Fälle; daneben vermutet Seeliger Beziehungen zu endokrinen Störungen, besonders der Schilddrüse.

Für die Frage der Lokalisation und das Auftreten dieser Aufhellungszonen an umschriebenen und symmetrischen Stellen findet Seeliger ebenso wie Looser eine mechanische Erklärung und glaubt, für seine Fälle an der Ulna und an den Schambeinästen Muskelzug verantwortlich machen zu können. Er macht auch darauf aufmerksam, daß die von anderen Autoren beschriebenen Lokalisationen solcher Spaltbildungen, besonders der unteren Extremitäten, an den auf Biegung besonders beanspruchten Stellen zu finden sind. Es führen hier „dauernde mechanische Schädlichkeiten . . . zu umschriebenen Nekrosen und zu einem Abbau des alten lamellösen Knochens durch lokal

vermehrte lakunäre Resorption und zu einem Ersatz desselben durch langsame schleichende Kallusbildung". Nimmt die Schädigung durch mechanische Beanspruchung noch weiter zu, kann auch dieser neugebildete Kallus nekrotisch werden, es kommt zur Spaltbildung, schließlich zur sekundären Fraktur oder Pseudarthrose.

Es sei noch erwähnt, daß Lexer den durch die Resektion an der Ulna entstandenen Defekt durch einen frei transplantierten Tibiaspan überbrückt hat, an dessen proximalem Ende trat nach etwa 8 Wochen eine ganz unter den Symptomen der Umbauzone sich entwickelnde Aufhellungszone auf, die zur Pseudarthrose führte. Lexer und später Magnus u. a. m. haben die leider sehr häufige und in der Wiederherstellungschirurgie sehr gefürchtete Spanpseudarthrose röntgenologisch und histologisch genau untersucht. Obwohl es sich hier um ganz analoge Vorgänge handelt, gehören diese Ergebnisse nicht in den engeren Rahmen dieser Arbeit, denn schließlich spielen sich diese Vorgänge am frei transplantierten Knochengewebe ab, dem ein schwerer Eingriff in die Verhältnisse der Durchblutung, der Innervation u. s. f. vorangegangen ist, Aber auch hier fand man übereinstimmend, daß die mechanische Beanspruchung, nämlich zu frühzeitige Belastung, die Hauptschädigung darstellt.

Die Frage der syphilitischen Aetiologie wird von vielen Autoren aufgeworfen, neben Seeliger vermutete später besonders Ollonqvist eine spezifische Krankheitsursache. Besonders die röntgenologische Unterscheidung ist schwierig, es seien hier 2 von Béla veröffentlichte Fälle von Umbauzonen bei kongenitaler Lues angeführt. Im ersten Fall handelt es sich um einen 10-jährigen Knaben, der drei Wochen nach einem Sturz auf die Hand wegen starker Schmerzen im Unterarm in ärztliche Beobachtung kam. Das Röntgenbild zeigt 2 Querfinger oberhalb des Handgelenkspaltes einen Radius und Ulna durchsetzenden, etwa 2 mm breiten, hellen, querverlaufenden Bruchspalt, der jedoch zackige Begrenzung zeigt und an der Innenseite der Ulna auch eine langgestreckte 3 mm dicke deutliche periostale Kallusapposition durchsetzt. Am Radius ist kein Kallus

zu erkennen. Es ist auch nicht die geringste Dislokation vorhanden.

Aehnlich ist das Bild im zweiten Fall. Der Unfall bei dem 12-jährigen Knaben, ebenfalls Sturz auf die Hand mit Bruch der Ulna zwischen mittlerem und distalem Drittel, liegt hier bereits 6 Monate zurück. Nach dieser langen Zeit zeigt sich im Röntgenbild noch ein deutlicher, aufgehellter, querer Frakturspalt mit zackigem Verlauf. Auch hier durchsetzt der Frakturspalt die Knochennarbe die sich spindelförmig als periostale Apposition um die Bruchstelle schließt und eine deutliche streifige Schichtung aufweist. Daneben weist der Radius eine starke pathologische Verdickung auf das Doppelte seines normalen Durchmessers auf, die Béla als eine alte Periostitis syphilitica ossiifans deutet, die den Radius vor der Fraktur geschützt haben soll. Möchte man nicht annehmen, daß sich hier innerhalb des halben Jahres nach der Fraktur eine funktionelle Anpassung ergeben hat, besonders da der Knabe während der Zeit, zwar von Schmerzen behindert, doch von seiner Hand mäßigen Gebrauch gemacht hat? Zum Beweis, daß es sich um luetische Folgezustände am Skelett handelt, weist der Verfasser auf die syphilitischen Veränderungen an den distalen Diaphysenenden hin, die als Osteochondritis bei der kongenitalen Lues sehr häufig nachzuweisen ist und wegen ihres spezifischen Baues besonders bei jüngeren Kindern nicht zu verwechseln ist. Erst im späteren Wachstumsalter können Erscheinungen auftreten, die klinisch und im Röntgenbild denjenigen bei den Umbauzonen und Ueberlastungsschäden ziemlich gleichen.

Leichter ist die Unterscheidung im histologischen Präparat. Die gummöse Osteomyelitis, die ausgedehnte Karies und Nekrose aufweist, wird meist schon im Röntgenbild von der Umbauzone zu unterscheiden sein. 1933 beschrieb Remé ausführlich 2 Fälle von Knochensyphilis an Hand des Sektionsmaterials bei älteren Patienten, die eine Spontanfraktur des Oberschenkels erlitten hatten. In der Kompakta wie in der Spongiosa wies er An- und Abbauvorgänge an ein und derselben Stelle nach, die einander wiederholt ablösen können. Remé bezeichnet diese als „umbauende Syphilis". Besonders an der Peripherie syphili-

tischer Herdbildungen, die als mehr oder weniger große Resorptionslücken an den Havers'schen Kanälen, resp. an den Spongiosabälkchen auftreten, findet sich Knochenresorptionsgewebe (z. B. typische osteoklastische Riesenzellen), das auch unspezifische Züge trägt und dem Markbild der Ostitis fibrosa ähnelt, doch auch hier ist an anderer Stelle stets die spezifisch-luetische Knochenkaries nachweisbar. Es weist dabei der ganze Knochen die krankhaften Veränderungen auf, bestimmte Zonen sind nur stärker betroffen. Ob sie den Stellen besonderer mechanischer Beanspruchung entsprechen, wird von Remé nicht erwähnt.

Im Jahre 1921 berichtete Deutschländer über eine eigenartige Mittelfußerkrankung. Es handelte sich um heftige, den Plattfußbeschwerden gleichende Schmerzen bei 5 im Berufsleben stehenden weiblichen Patientinnen von etwa 30 Jahren. Ein Trauma wurde in allen Fällen abgelehnt. Klinisch fand sich scharf umschriebene Druckschmerzhaftigkeit an der Grenze von mittlerem und distalem Drittel des 2. oder 3. Metatarsale, dabei äußerlich keine sichtbaren Veränderungen. Die Beschwerden zogen sich über Monate hin. Während 4 Wochen nach Beginn der Erkrankung noch keinerlei Veränderungen im Röntgenbild sichtbar waren, fand Deutschländer 8 Wochen später eine schräge, die Knochenmarkhöhle durchsetzende Verdichtungszone, die an die Frakturlinie eines Schrägbruches erinnert. In der 13. Woche trat eine geschwulstartig den Diaphysenschaft umgebende Knochenneubildung auf, danach ließen die Beschwerden nach und es trat völlige Heilung ein. Eine Aufnahme im 5. Monat der Erkrankung läßt schon beträchtli- Rückgang der periostalen Knochenneubildung erkennen. Deutschländer zieht differentialdiagnostische Vergleiche mit der von Fromme geschilderten Spätrachitis der Mittelfußknochen und der Köhlerschen Erkrankung. Während diese vorwiegend eine unter dem Bild der Osteochondritis verlaufende Gelenkerkrankung darstellt und Fromme Wachstumsstörungen in den Epiphysenzonen sah, liegt hier an typischer Stelle eine primäre Erkrankung des Diaphysenschaftes vor. Gegen eine einfache Fraktur spricht nach Deutschländers Auffassung das Fehlen des Trau-

mas, das er auch in kleinsten Ausmaßen und in larvierter Form für sicher ausgeschlossen hält, dann neben der langen Heilungsdauer (Verknöcherung des „Bruches" erst im 3. 4. Monat) die bei einem Teil der Pat. beobachteten Temperatursteigerungen. Er nimmt als Ursache einen entzündlichen Vorgang im Knochen an, der durch bakterielle Invasion, also lokale Embolie von Bakterien mit abgeschwächter Virulenz hervorgerufen sein soll, hierdurch entstünde eine blande subakute Ostitis, woran sich dann eine subakute Periostitis anschließt. Er glaubte diese Auffassung auch dadurch unterstützt, daß der charakteristische Sitz der Erkrankung an der Grenze von mittlerem und distalem Drittel genau der Eintrittsstelle der Art. nutritia in den Diaphysenschaft entspricht. Deutschländer weist dabei ebenfalls darauf hin, daß die Lokalisation und ein Teil der Symptome mit der von Militärärzten beschriebenen Fußgeschwulst der Soldaten übereinstimmt. Da bei diesen aber eine traumatische Ursache angeschuldigt wird, hält er seine Beobachtungen für eine eigene Erkrankungsform.

Die sogenannte Fußgeschwulst wurde zuerst von Breithaupt im Jahre 1855 beschrieben und 1898 von Stechow und Kirchner fast gleichzeitig als Erkrankung des Mittelfußknochens und zwar als Fraktur desselben erkannt (zit. nach Momburg). Im Handbuch der Militärkrankheiten von Düms von 1896 wird sie als häufige Erkrankung des Soldaten bezeichnet und teils als Periostitis, von der größeren Zahl der Autoren aber als Sehnenscheidenentzündung oder entzündliche Reaktion nach Zerrung der Ligg. transversa gedeutet. Düms gibt auch die Ansicht französischer Militärärzte, besonders von Pauzat wieder, wonach die Periostitis durch Druck des Oberleders hervorgerufen sein soll. Die klinischen Erscheinungen sind ganz übereinstimmend. Nach längeren Marschleistungen, besonders Gepäckmärschen, klagen die Betroffenen über Schmerzen im Mittelfuß, der Fußrücken ist geschwollen, über dem distalen bis mittleren Abschnitt des zweiten oder dritten, selten der übrigen Metatarsalknochen besteht eine umschriebene, heftige Druckschmerzhaftigkeit. Ein Teil der Fälle führt schon nach einer einmaligen anstrengenden Fußdienstleistung zur Krankmeldung, so wurden bis zu

10 und 20 gleichzeitige Erkrankungen aus ein und derselben Abteilung beobachtet. (Osterland). Bei anderen Soldaten führen die Beschwerden über Wochen hin, bis eine plötzliche Verschlimmerung völlige Dienstuntauglichkeit erwirkt. Außer den leichteren Fällen dauert die Heilung meist mehrere Wochen. Momburg hat sich 1908 sehr eingehend mit den Ursachen der Marschfraktur beschäftigt und stellte genaue Diagramme über den Ablauf der Gewichtsverteilung am marschierenden Fuß auf. Danach rollt das Körpergewicht hauptsächlich über die Köpfchen des zweiten und dritten Mittelfußknochens ab, da diese am weitesten vorgelagert sind. Bei stärkerer Belastung sollen die Köpfchen der übrigen Metatarsalia zum Tragen der Last mitherangezogen werden. Da dieser Ausgleich aber nur mit Hilfe der tiefen Fußmuskulatur möglich ist, muß nach Ermüdung derselben das ganze Körpergewicht, meist mit Gepäck, über den zweiten und dritten Mittelfußknochen allein abgerollt werden. Der Knochen wird so im Sinne der Biegung beeinflußt und die Elastizität desselben immer wieder bis an ihre Grenze ausgenützt, bis sie schließlich ganz verloren geht. Der Knochen ermüdet und wird zum starren, spröden Körper. Wird er weiter dieser Beanspruchung ausgesetzt, die bei kürzerer Einwirkungsdauer gar keine Schädigung ausübt, dann kommt es zur Periostitis, oder wenn das Uebergewicht auf einem Knochen ruht, zum Bruch desselben. Hier wird zuerst der Begriff der Materialermüdung bei Dauerbeanspruchung am Knochen geprägt. Momburg fügt seiner Arbeit auch zahlreiche Röntgenbilder bei und da er sehr oft auch erst Wochen nach Beginn der Beschwerden objektive Veränderungen wahrnahm, konnte er seine Theorie hierin nur bestätigt sehen. Der distale Diaphysenabschnitt zeigt eine breite, quere, wolkige Verschattung, die sich auch beiderseits dem Knochenschaft kugelig oder spindelförmig auflagert, die Periostgrenzen sind undeutlich, flockig verwischt. Oft zieht sich ein quer-, häufiger schrägverlaufender schmaler Aufhellungsspalt durch die Erkrankungszone, der diese meist völlig durchsetzt, manchmal auch nur ein kurzes Stück in die Kortikalis eindringt. Obwohl die Dislokation fehlt und nur in einem kleinen Teil der Anamnesen ein akuter Bruch-

schmerz angegeben wird, wurden solche Aufhellungsspalten allgemein als Fraktur angesehen. Erst nach dem Kriege wurde durch die Veröffentlichungen Looser's und die Beobachtung von Umbauzonen bei der Hungerosteopathie und ähnlichen Krankheitsbildern zu der Vermutung Anlaß gegeben, daß sich hier ein ähnlicher Vorgang abspielen könnte.

Während die Marschfraktur der häufigste Ueberlastungsschaden beim Soldaten ist (Genz, Wachsmuth, Osterland) werden nicht selten noch andere ähnliche Erkrankungen an der unteren Extremität als sogenannte Exerzierschäden beschrieben. Das Handbuch von Düms schildert eine Ueberanstrengungsperiostitis der Tibia, die nur bei jungen Rekruten kurze Zeit nach der Einstellung ins Heer beachtet wird; man findet eine Weichteilschwellung und umschriebene Druckschmerzhaftigkeit am oberen Abschnitt der Tibia, bei Belastung des Beines treten hier starke Schmerzen auf. Spontanfrakturen werden nach Düms hier nicht beobachtet, diese traten aber gar nicht so selten in der oberen Hälfte des Femurschaftes auf, und sollen nach seiner Angabe 4,2 % aller Oberschenkelfrakturen ausmachen. 1913 beschreibt W. Wolf einen Fall von Periostitis tibiae bei einem Artilleristen, der 4 Wochen, nachdem die Symptome abgeklungen waren, sich beim Absprung vom Pferd einen zackigen Querbruch der Tibia an dieser Stelle zuzog (zit. nach Genz). Die Ursache der Spontanfrakturen wird von Düms in Residuen einer früheren Osteomyelitis, Tuberkulose oder syphilitischer Gummata gesehen, ohne sie aber durch anatomische Grundlagen beweisen zu können. Daneben glaubt er, daß Marschanstrengungen und die beim Exerzierdienst häufigen Erschütterungen die Fraktur sehr begünstigen.

Vor Erwähnung der zahlreichen Veröffentlichungen aus neuerer Zeit sei noch auf einen Bericht von Hopfengärtner hingewiesen. Er schildert 1907 39 Fälle von indirekten Wadenbeinbrüchen bei Rekruten, von denen 36 dem ersten Dienstjahr, und von diesen wieder 35 den ersten Monaten desselben angehörten. Als Ursache wurden geringfügige Traumen wie ungeschicktes Aufspringen oder leichtes Stolpern beim Marschieren angegeben. Mit stereo-

typer Regelmäßigkeit saß der Bruch vierfinger- bis handbreit unterhalb des Köpfchens der Fibula. Nur in 2 Fällen war röntgenologisch schon zu Anfang ein deutlicher Schrägbruch zu erkennen, während in allen anderen Fällen erst einige Wochen nach Beginn der Beschwerden die Fraktur durch die an umschriebener Stelle auftretende Kallusbildung erkennbar war. Lues, Caries und Neubildungen glaubt Hopfenbauer sicher ausgeschlossen zu haben, dagegen waren Zeichen leichter rachitischer Veränderungen bei der Hälfte der Patienten nachweisbar, auch sind die gracil gebauten in der Mehrzahl. Bei denjenigen Fällen, die ohne besonderes Trauma auftreten, glaubt Hopfengärtner, daß die Einwirkung oftmaliger Erschütterungen den Schaden bewirkt und erwähnt die Möglichkeit molekularer Veränderungen, wodurch feine Knochensprünge verursacht werden können. Von Osterland wird darauf hingewiesen, wie sehr sich diese Anschauungen schon unseren modernen Lehren über die Entstehung des Ueberlastungsschadens nähern.

Als lokalisierte Erkrankung des Knochens am sonst gesunden Menschen wurden meines Wissens die Erscheinungen bis zur Veröffentlichung Deutschländers im Jahr 1921 bisher nur an Soldaten beobachtet. 1922 berichtet Vogel über 4 Fälle von Mittelfußerkrankung bei Zivilpersonen, die genau die gleichen röntgenologischen Veränderungen aufweisen, wie die Fälle von Deutschländer. In dem einen Fall tritt ein deutlicher Frakturspalt in den ersten drei Metatarsalia mit reichlicher spindelförmiger Kallusbildung auf; diese bildet sich auch nach Vogel's Beobachtung erst nach einigen Wochen aus. Mit Recht scheint ihm dieser Frakturverlauf durch eine entzündlich-embolische Ursache nicht erklärt, er reiht seine Fälle unter die Mittelfußerkrankung der Soldaten ein und glaubt, daß auch diejenigen Deutschländers keine eigene Erkrankung darstellen.

Wohl auf Grund der besonders bei uns in Deutschland wie auch in anderen Ländern erfolgten Einschränkungen in der militärischen Ausbildung und nicht zuletzt der im 100 000-Mannheer erfolgten Auswahl der körperlich Tüchtigsten (Asal, Osterland), trat nach dem Kriege die

Bedeutung dieser Krankheitserscheinungen auch im Schrifttum sehr zurück. Nach der Sammelstatistik von Osterland wurden bei der Reichswehr während dreier Jahre 93 Fälle von Fußgeschwulst beobachtet, dagegen betrug die jährliche Zahl während der letzten Vorkriegszeit etwa 12000. Zuerst ist es Ollonqvist im Jahr 1929 in Finnland, der den Ueberlastungsschaden beim Soldaten wieder in größerer Zahl beobachtet. Er behandelte im Militärlazarett von Helsinki 60 Soldaten wegen der im Handbuch von Düms als Periostitis tibiae bezeichneten Schienbeinerkrankung. Ihm verdanken wir neben systematischer Röntgenkontrolle auch die ersten histologischen Untersuchungen. Die Erkrankung tritt nur nach überdurchschnittlichen Marsch- und Exerzierleistungen auf und besteht in lokalen, heftigen Schmerzen mit Anschwellung am inneren, hinteren Rand der Tibiadiaphyse, am häufigsten in der Mitte, doch auch höher und tiefer gelegen. Spontanfrakturen werden nicht erwähnt. Röntgenologisch findet sich eine in vielen Wochen entwickelnde, spulförmig der Tibia sich anlegende periostale Knochenapposition, die zunehmend kompakter wird. Bisweilen beobachtet er unter dem Kallus in der Kortikalis trübe Spaltbildungen, die als Stellen der Knochenresorption, nicht als Infraktionen gedeutet werden; mit Reiferwerden des Kallus verschwinden diese wieder. 10 Fälle hat Ollonqvist histologisch untersucht, indem er aus dem verdickten Periost und dem darunterliegenden neugebildeten Knochengewebe ein Stück entnahm. Die Gewebsveränderungen sind in allen Fällen sehr ähnlich: Das Periost ist ödematös durchtränkt und bis zu $^1/_2$ cm verdickt, mit reichlich fibrillärem Bindegewebe; einige wenige Stellen zeigen schwache perivaskuläre Kleinzelleninfiltration aus Lymphozyten, auch kleine Blutergüsse mit Verdickung der feinen Gefäßwände; unter dem Periost ist ein gewöhnlicher Verknöcherungsprozeß von neugebildetem Knochen mit unregelmäßiger Lamellenstruktur. Er nimmt für die Schienbeinerkrankung dieselbe Ursache an, wie für die Marschfraktur und faßt sie als einen Umbildungsvorgang auf, der durch andauernde, das physiologische Maß überschreitende mechanische Beanspruchungen ausgelöst wird. Durch Erschütterungen sollen mikroskopische Quet-

schungen in den Knochenlamellen hervorgerufen werden, das Periost reagiert mit Bildung von Kallus, während die verletzten Knochenteile resorbiert werden und dann im Röntgenbild als trübe Aussparungen erscheinen. Zeichen für Lues konnte Ollonqvist bei seinen Patienten nie finden, die Wassermann'sche Reaktion war stets negativ, rachitische Merkmale fehlten, auch der Plattfuß ist bei seinen Kranken nicht häufig.

Sein Landsmann Närvi berichtet 1932 über zahlreiche Beobachtungen und Röntgenbefunde bei der Marschfraktur oder sogenannten Deutschländerschen Erkrankung und der gleichartigen Knochenperiosterkrankung der Tibia. Die klinischen und röntgenologischen Befunde bei der Mittelfußerkrankung gleichen denen von Momburg, Deutschländer und Vogel, die Frakturen stellen sich als hellere Ritzen dar, scharf wie eine Bruchlinie und umgeben von einer Auftreibung des Periosts. Närvi fand bei den betroffenen Soldaten auch Temperatursteigerungen von 2- 3 Zehntelgrad, es ist die einzige Beobachtung dieser Art neben der Deutschländer's. Osterland prüfte die Temperatur seiner Patienten und fand nie eine Erhöhung. Die Schienbeinerkrankung betraf nach Närvi meist den unteren Teil der Tibia, in einem Falle trat sie doppelt, zugleich etwa handbreit unterhalb der Kniegelenkspalte und im selben Abstand über dem inneren Knöchel des gleichen Beines auf. Lues und Tuberkulose waren in sämtlichen Fällen auszuschließen. Närvi bestreitet sowohl die Möglichkeit einer rein mechanischen Ursache durch Erschütterungen und Knochenquetschung, wie sie Ollonqvist annimmt, wie auch den infektiösen Ursprung, wie ihn Deutschländer vertritt. Nach seiner Ansicht sollen durch Ueberlastung und Ermüdung Stase und Thrombose in den den Knochen umgebenden Weichteilen und dadurch Ernährungsstörungen im Periost entstehen, dessen schmerzhafte Schwellung sich klinisch bemerkbar macht. Durch Fortschreiten der Störung soll es zu Knochenresorption und Fissuren kommen, die im Röntgenbild Trübung der Knochenstruktur und durch den Knochen verlaufende Linien erkennen lassen. Närvi stützt sich hier auf eine von ihm zitierte Vermutung von Rösner und Weil be-

züglich der Aetiologie der Schlatter'schen Erkrankung, wonach eine Stasis im Knochenmark und in den Venen der die Epiphysenscheibe versorgenden Blutgefäße die primäre Ursache ausmachen soll. Die sehr zahlreichen kleinen Gefäße, die über die Gelenkkapsel und das Periost die Epi- und Metaphyse der Tibia versorgen (Axhausen), lassen eine embolische Genese der Schienbeinerkrankung nach der Ansicht von Närvi sicher ausschließen. Eine wichtige Ursache sieht er in der Ueberlastung der vom Tibiaperiost entspringenden Muskulatur, wodurch die Stase in den Weichteilen bewirkt wird. Eigentliche Spontanfrakturen wurden auch von ihm nicht beobachtet.

Wenig zahlreich sind die Beobachtungen im deutschen militärärztlichen Schrifttum vor Wiedereinführung der allgemeinen Wehrpflicht. 1933 veröffentlichte Scherf mehrere Fälle von Wadenbeinerkrankung, von der 9 Rekruten innerhalb kurzer Zeit im Anschluß an die Uebung des Hüpfens in Hockstellung behaftet waren. Neben Schmerzen waren keine äußeren Zeichen der Verletzung wahrnehmbar, mäßige Druckschmerzhaftigkeit bestand an der Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel der Fibula, keine abnorme Beweglichkeit, keine Krepitation. Die Röntgenbilder weisen ohne Ausnahme an dieser Stelle einen als Frakturlinie gedeuteten Spalt auf, der meist quer oder leicht schräg verläuft, nur in einem Falle war eine Dislocatio ad latus von etwa 2 mm vorhanden, welche Scherf als sekundär entstanden ansieht. Nach drei Wochen konnten die Rekruten meist ihren Dienst wieder aufnehmen. Zu diesem Zeitpunkt war auf dem Röntgenbild deutliche periostale Kallusbildung zu sehen. Ob es sich hier um symptomarme Frakturen oder um Umbauzonen handelt, will Scherf nicht sicher entscheiden. Für einen Umbau scheint ihm die immer wiederkehrende Lage der Bruchspalten an der Stelle zu sprechen, die genau am Scheitel der Konvexität der nach außen und hinten gerichteten Fibula liegt; dann aber auch der Umstand, daß die Beanspruchung erst eine längere Zeit, durchschnittlich einundeinhalb Monate, im Sinn einer Biegung wirksam sein mußte, bis der Knochen brach.

1934 beobachtete Osterland 11 gleichzeitige Erkrankungen an Wadenbeinfraktur bei jungen Rekruten. Die

Ursache sieht auch er hauptsächlich in der Biegungsbelastung, die bei Kniebeugen und Dauerhocke besonders intensiv einwirkt, auch der Muskelzug des Biceps und der Peronei soll hier eine Rolle spielen.

Die Gesamtzahl der von Osterland im früheren Reichsheer während drei Jahren gesammelten Schienbeinerkrankungen betrug 84, davon waren nur in 12 Fällen Röntgenaufnahmen gemacht worden. Sehr zahlreich sind dagegen die Veröffentlichungen seit 1935 und besonders in allerjüngster Zeit. 1935 berichtet Genz über eine zunehmende Häufung der Marschfraktur, 22 Fälle beobachtete er im Standortlazarett Stettin, daneben traten auch 13 Fälle von Schienbeinerkrankung auf. Junge gesunde Soldaten um das 20. Lebensjahr waren betroffen, mit einer Ausnahme (nach 1-jährigem Dienst) standen alle in der ersten Ausbildungszeit. Räss demonstrierte 1935 in Hannover 28 Fälle von spontaner Fibulafraktur als typische Rekrutenerkrankung, die durch unkoordinierte Bewegungen in hohen Schaftstiefeln hervorgerufen sein soll. Ueber die starke Verbreitung der Ueberlastungsschäden als typische Rekrutenerkrankung berichtet Asal 1936 aus Dresden, deren außerordentliche Zunahme seit der Wiedereinführung der allgemeinen Wehrpflicht beobachtet wird. Er führt sie auf die besonders schnelle und intensive Ausbildungsarbeit zurück, der die jungen, zum Teil körperlich völlig ungeschulten Rekruten sehr unvermittelt unterworfen werden. Im gleichen Sinne sprechen die militärärztlichen Beobachtungen von Wachsmuth und Werthmann aus dem Jahr 1937. Neben den Berichten aus Skandinavien werden auch aus dem schweizer Milizheer derartige Ueberlastungsschäden berichtet (Henschen).

Daneben kommen jetzt auch außerhalb des Heeres derartige Beobachtungen zur Veröffentlichung. Neben den Begriff des militärdienstlichen Ueberlastungsschaden tritt der Arbeits- und Sportschaden (Baetzner). An Hand der großen sportärztlichen Erfahrungen, welche Baetzner während des Trainings zur Olympiade 1936 sammeln konnte, sah er zahlreiche Erkrankungen des Skelettsystems auf Grund reiner Ueberbeanspruchung entstehen, die er als funktionell bedingt den bekannten Marsch- und

Exerzierschäden zur Seite stellt. Detlefsen berichtet 1937 über die Beobachtung von Ueberlastungsschäden beim Reichsarbeitsdienst. Köpchen findet bei Erdarbeitern vom Bau der Reichsautobahn ein gehäuftes Auftreten der sogenannten Schipperkrankheit, die wir nach unseren heutigen Erkenntnissen unter die gleiche Krankheitsgruppe rechnen müssen. Von Reischauer werden 2 Fälle von typischer Tibiaerkrankung bei einem 13-jährigen Bäckerlehrling und einem 10-jährigen Knaben beschrieben, die ohne jegliche Ueberbeanspruchung schleichend auftraten. Die Heilung der Umbauzone, die im einen Fall eine feine Infraktion aufwies, dauerte mehrere Monate. Reischauer sieht die Ursache in einer latenten, nicht feststellbaren Schädigung des Knochens: Vitaminmangel, Stoffwechselstörungen oder Spätrachitis.

Hier ist nun noch über 2 Fälle zu berichten, die in der Orthopädischen Universitätspoliklinik Berlin (Prof. Dr. Kreuz) beobachtet werden konnten: Der 6-jährige Knabe M. kommt wegen zunehmender Schmerzen im oberen Teil der linken Tibia und leichten Hinkens zur Behandlung. Vor 5 Monaten war eine Oberschenkelfraktur links operativ gestellt worden. Das linke Bein weist jetzt eine leichte O-Verkrümmung des Oberschenkels und eine Verkürzung um 1 cm auf. Im oberen Drittel des linken Unterschenkels besteht eine leichte Weichteilverdickung und Druckschmerzhaftigkeit. Das Röntgenbild zeigt 4 Querfinger unterhalb des Kniespaltes eine durchgehende Verdichtungszone ohne scharfe Grenzen, am Innenrande ausgeprägter als außen; dabei deutliche, schon verkalkende, periostale Knochenapposition, besonders an der Innenseite und hinten, hier ist auch ein deutlicher, feiner, aufgehellter Spalt, der die ganze Kortikalis durchdringt. In der Anamnese finden sich keine Angaben über außerordentliche Beanspruchung.

Der zweite, 9-jährige Knabe D. wird seit 5 Monaten mit Einlagen wegen Knickfuß behandelt. Er wird in einer Sportschule im Boxen ausgebildet, wobei viel Beinarbeit geleistet werden muß. Seit 4 Wochen klagt er über Schmerzen im oberen Teil des linken Unterschenkels, besonders beim Gehen und Stehen. Klinisch findet sich leichte Schwel-

lung und Druckschmerzhaftigkeit an der Vorder- und Innenseite der Tibia. Das Röntgenbild zeigt 6 Wochen nach Beginn der Beschwerden an der entsprechenden Stelle feine Periostauflockerung mit geringer Apposition, durch die zeitige Ruhigstellung hat sich noch keine ausgesprochene Umbauzone entwickelt. Beide Fälle sind als Ueberlastungsschäden anzusehen, im ersten Falle allein durch die falsche Statik und eine vielleicht zu früh erfolgte Wiederbelastung der gebrochenen Extremität verursacht, während im 2. Falle sportliche Ueberbeanspruchung des in seiner Leistungsfähigkeit beeinträchtigten Beines als Ursache angesehen werden kann. Für Rachitis bestehen keine Anhaltspunkte, ebensowenig für endokrine Störungen oder Avitaminose, doch können diese letzteren Ursachen keineswegs immer ausgeschlossen werden.

Als auf Veranlassung Loosers mehr und mehr das mechanistische Moment als Ursache für die Umbauzonen und Spontanfrakturen an Boden gewann, glaubte Fromme im Jahr 1921 auch das röntgenologische Os acetabuli sowie die Mehrzahl der echten Gelenkkörper auf einen ähnlichen pathologisch-anatomischen Umbauprozeß unter mechanischer Beanspruchung zurückführen zu können, da er die Entstehung eines Corpus mobile in einem ähnlichen Aufhellungsbezirk am medialen Condylus femoris beobachtete. Die nachträgliche histologische Untersuchung dieses Gebietes ergab junges, kallusähnliches Knochengewebe, ähnlich dem von Looser beschriebenen geflechtartigen Knochen. Hass sah das Zustandekommen eines Genu varum durch „Spontanfraktur" der Tibia bei verzögertem Kalkanbau an der Innenseite und nachfolgendem Einsinken der Tibia an dieser Stelle. Auch soll in der Regel die Coxa vara der ersten Lebensjahre nach seiner Beobachtung mit einer frakturähnlichen, hellen Zone an typischer Stelle in der Mitte des Schenkelhalses einhergehen, die diesen quer durchsetzt, wobei es jedoch niemals zu einer Verschiebung an der Frakturstelle kommt. Aber auch bei den an gesunden jungen Leuten beschriebenen rein funktionell entstandenen Ueberlastungsschäden werden zahlreiche neue Lokalisationen beobachtet. 1935 demonstrierte Erb in Königsberg einen 25-jährigen Landwirt, bei dem vor 4 Jahren nach

Fraktur des 2. Mittelhandknochens eine Pseudarthrose aufgetreten war. Einige Zeit später bildete sich nun über der Mitte des dritten Mittelhandknochens eine Schwellung, röntgenologisch zeigt sich eine quere Aufhellungszone mit umschriebener Kallusbildung; vor $^3/_4$ Jahren war noch nichts Krankhaftes im Bild zu erkennen. Baetzner fand nach funktioneller Ueberbeanspruchung bei Sportleuten Osteomalazie der Handwurzelknochen und Entwicklung von Spaltbildungen in der Patella. Bei einem Hochspringer beobachtete er eine in langsam-chronischem Prozeß ohne Trauma sich vollziehende Ablösung der medialen Knöchelspitze. Bei einer 20-jährigen Sportlehrerin sah er im Dornfortsatz des dritten Lendenwirbels eine Aufhellungszone entstehen, die sich durch spontanen Schmerz bei sportlicher Arbeit, insbesondere bei Rumpfbewegungen bemerkbar machte. Bei einem Akrobaten beobachtete Baetzner die keilförmige Deformierung eines Wirbelkörpers, die durch besondere berufliche Beanspruchung entstanden war, deshalb meint er, daß es sich auch bei der Kümmel'schen Erkrankung um ein funktionelles Versagen ohne traumatische Einflüsse handle. W. Müller berichtet über drei Patienten (einen 18-jährigen Maurer, einen 48-jährigen Melker und eine 29-jährige Frau), die über Rückenschmerzen klagten und an deren kyphotischer Brustwirbelsäule sich eine Druck- und Klopfschmerzhaftigkeit der Dornfortsätze zwischen 8. und 12. Brustwirbel fand. Die Röntgenbilder zeigen nun an der Unterseite des Dornfortsatzes etwa im Bereich des Krümmungsscheitels oder etwas außerhalb eine ungefähr halbkreisförmige Aufhellungszone, die in einem Falle etwa bis zur Mitte reicht und „etwas unscharfe, verdichtete Ränder aufweist und von ihrem Scheitel bis zum oberen Rande des Dornfortsatzes einen ganz feinen Spalt erkennen läßt". Müller deutet diese Veränderungen als Umbauzonen und glaubt, daß bei Kyphosen die mechanische Beanspruchung der Ligg. interspinalia durch Zug an den Dornfortsätzen eine Schädigung der Knochensubstanz im Sinne eines Umbaues bewirkt. Dieselbe funktionell-mechanisch bedingte Ursache muß bei der sogenannten Schipperkrankheit angenommen werden. Schon während des Baues am Kaiser-Wilhelm-Kanal wurde diese Erkrankung von Quinke be-

obachtet und tritt in jüngster Zeit wieder ziemlich zahlreich auf (Köpchen, Rostock). Köpchen sah 85 Fälle, bei Erdarbeitern, die mit plötzlichen sehr heftigen Schmerzen im oberen Teil des Zwischenschulterblattraumes erkrankten, die zugleich als Knax empfunden wurden. Starke Beschwerden während der Arbeit sollen meist längere Zeit vorausgegangen sein; die Patienten, zum größeren Teil frühere Bergleute, waren durch mehrere Jahre Arbeitslosigkeit schwerer Arbeit entwöhnt und in schlechtem Ernährungszustand. Röntgenologisch ließ sich ein Abriß des äußeren Drittel bis Viertel vom Dornfortsatz des 7. Halswirbels nachweisen, oft auch eines höher oder tiefer gelegenen Wirbels. Ein Trauma liegt nicht vor, angeschuldigt wird das „Schippen", d. h. das beträchtliche Hochwerfen der Erde. Bezüglich der Differentialdiagnose zwischen Schipperkrankheit und echter Dornfortsatzfraktur weist Rostock auf die bei der ersteren senkrecht verlaufende, völlig glatte Trennungslinie hin, an deren Begrenzungslinie er einen deutlichen Verdichtungsraum sah, während echte, durch einmalige Gewalt entstandene Brüche eine zackige Bruchlinie zeigen. Er hat 20 Stunden nach Spontanfrakturierung bei Schipperkrankheit den Dornfortsatz exstirpiert und fand im histologischen Präparat im Bereich der Trennungslinie, dem röntgenologisch eine Knochenverdichtungszone entsprach, Fibrose des Knochenmarks und starke Neubildung von osteoidem Knochengewebe.

Von Schneider wurden Spontaninfraktion und Umbauzonen an den Schambeinästen des Beckens beobachtet, denen klinisch unbestimmte Schmerzen beim Gehen und rasche Ermüdung vorangingen. Werthmann berichtet über schleichende Beckenbrüche, deren typischer Sitz die Verschmelzungsfuge zwischen Scham- und Sitzbein darstellt. Aehnliche Veränderungen sah auch Detlefsen. Asal und Wachsmuth sahen militärische Dienstschäden am Schenkelhals und am Fersenbein auftreten. Reischauer macht auf Beispiele von Knochenlösungen durch Zug, die über die Bildung einer Umbauzone zustandekommen sollen (siehe auch Baetzner), aufmerksam: Ablösung eines Os tibiale vom Naviculare, des Processus post. tali, des Proc. styloid. ulnae und Randzonenlösungen

der Patella. Küntscher berichtet über 6 Fälle von Umbauzonen an rachitisch veränderten Schulterblättern, die er unter 74 Patienten nachweisen konnte. Sie liegt im unteren Drittel des Schulterblattes stets an derselben Stelle als querverlaufender Streifen, im Aussehen völlig den Looser'schen Umbauzonen gleichend und heilt in charakteristischer Weise ohne stärkere Kallusbildung in 4—6 Wochen aus. Auch die zahlreichen Formen der aseptischen Knorpelknochennekrosen sucht Scheider in eine gemeinsame Beziehung zu den schleichenden Frakturen und Umbauprozessen zu bringen, indem er neben der rein funktionell-mechanischen Ueberbeanspruchung eine ursächlich übergeordnete Systemerkrankung vermutet, nämlich einen Mangel an Vitamin D und A. Er zählt hierzu die Perthes'sche Erkrankung, die Erkrankung des Os naviculare pedis (Köhler I), die Apophysitis tuberositas tibiae (Osgood, Schlatter), die Apophysitis calcanei (Spitzy), die Erkrankung des Metatarsalköpfchens II (Köhler II), die Lunatummalacie (Kienböck), die Malacie des Os naviculare carpi (Preiser) und der distalen Radiusepiphyse (Nové, Josserand), des Olecranons (Zaaijer), des Humeruskopfes (Hass, Velentin), des sternalen Clavicularendes (Friedrich). Haase rechnet unter die Ueberlastungsschäden auch einen von ihm beobachteten schleichenden Bruch des Schlüsselbeines bei einem 47-jährigen Arbeiter, der sich durch Tragen von schweren Gegenständen im Laufe von mehreren Monaten ausgebildet hat. Auch einen Teil der Fälle von Spondylolisthesis und viele der sogenannten überzähligen Knochenkerne führt Walter auf mechanische Umbauprozesse zurück.

In ähnlicher Weise, wie die moderne Technik immer weiter in das innere Gefüge und den chemo-physikalischen Feinbau unserer Werkstoffe einzudringen sucht und die Materialien einer genauen Prüfung ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Zug, Druck, Stoß und besonders gegen Dauerbeanspruchung unterwirft, sind auch am Knochen zahlreiche derartige Untersuchungen gemacht worden. Den Vergleichsmöglichkeiten, die uns die Technik bietet, verdanken wir heute viele Einblicke in die feinmechanischen Vorgänge am funktionell beanspruchten Knochen. Wohl als erster

machte Chr. Lange in Kopenhagen Reihenversuche über Druckbelastungsgrenzen an frischen Leichen entnommenen X. Brustwirbeln, nachdem er bei Soldaten Fälle von sogen. Osteomalacia traumatica beobachtet hätte, die als Coxa vara oder Deformität der Wirbelsäule mit Schmerzen auftrat und ähnlich wie eine Fraktur momentan durch einen Stoß mittlerer Stärke entstand. Unmittelbar nach dem Stoß sollte sich eine Weichheit des Knochens finden, wodurch dessen Tragfähigkeit plötzlich auf ein Bruchteil des Normalen herabgesetzt wird. Sein Druckversuch ergibt nun, daß ehe die Grenze der Belastung, die zum Zusammenbruch des Wirbels führt, erreicht wird, eine meßbare Verkürzung eintritt, die völlig zurückgeht, wenn die Beanspruchung in gewissen Grenzen bleibt. Bei stärkerer Belastung bleibt aber eine definitive Verkürzung zurück; diese fritt auch ein, wenn dieselbe Last, die bei kurz dauernder Einwirkung eine sofort wieder sich rückbildende Verkürzung erzeugt, über eine längere Zeitdauer auf den Wirbel einwirkt. Danach nimmt Lange an, daß schwache Rückenwirbel durch Dauerbelastung in rein physikalischer Weise deformiert werden, „wobei die Ablagerungen verstärkenden Knochengewebes auf und namentlich in den Knochen, bzw. die Rarefizierung bei Herabsetzung des Drucks, physiologische Reaktionen gegen die physikalischen Einwirkungen sind".

Küntscher weist auf die ganz bestimmte, immer wieder zu beobachtende Lokalisation der Ueberlastungsschäden und Umbauzonen hin. Wenn die Erkrankung auf eine mechanische Ueberbeanspruchung zurückzuführen ist, dann muß, so fordert Küntscher, auch der im Experiment nachgewiesene Ort der geringsten Widerstandsfähigkeit der klinischen Lokalisation entsprechen. Dies gelingt ihm nach 2 Methoden: Er überzieht den Knochen mit einem völlig unelastischen Lacküberzug und setzt ihn einer der physiologischen Beanspruchung entsprechenden Zug- und Druckbelastung aus. Schon bei geringer Zugwirkung erleidet der Knochen eine bestimmte Deformation, die durch Risse im Lacküberzug erkennbar wird; diese verlaufen senkrecht zur Richtung der Zugkraft und sind meßbar. Da nach dem Hooke'schen Gesetz Dehnungen direkt

proportional den sie bewirkenden Kräften sind, entsprechen die Stellen höchster Spannung der stärksten Rißbildung. Küntscher nennt sie Spannungsspitzen und hat für zahlreiche Knochen deren Lage und Verlauf festgelegt und Uebereinstimmung mit der Lokalisation der Looserschen Umbauzonen und den Ueberlastungsschäden am gesunden Knochen gefunden. In einem 2. Experiment sucht Küntscher die Verhältnisse rhythmischer Dauerbeanspruchung, wie wir sie etwa beim marschierenden Soldaten finden, am toten Knochen zu demonstrieren. Er belastet z. B. den Oberschenkel durch ein Exzentergetriebe auf rhythmischen Druck und wählt eine Einzelbelastung von 100 kg, die sich in der Minute 1500 mal wiederholt. Nach 35- 40 000 Belastungen trat an der Oberseite des Schenkelhalses ein Bruchspalt auf; dieser schreitet dann in senkrechter Richtung, genau den Zugspannungsspitzen folgend, fort. Küntscher glaubt, daß den Größenordnungen nach das Experiment den in Wirklichkeit auftretenden Belastungsgrößen annähernd entspricht und überträgt die Verhältnisse auf die Anforderungen eines 30 km-Gepäckmarsches bei 70 kg Körpergewicht und 30 kg Gepäck. Eine Summation von 1500-maliger Belastung in der Minute wird aber am lebenden Knochen niemals vorkommen! Bei der Tibia lag der durch rhythmische Druckbeanspruchung in Richtung der Längsachse erzielte Dauerbruch meist nicht ganz handbreit unter dem Kniespalt, einmal im unteren Drittel, und verlief genau quer. Auch bei der Bewegung wechselt Belastung mit Entlastung in häufiger Wiederholung, an den Zugspannungsspitzen ist die Deformierung am stärksten, der Knochen „pulsiert", woraus eine rein mechanische Gefügelockerung, ein Ermüdungsbruch resultiert.

1937 veröffentlichte Thum einige Ergebnisse aus dem Gebiet der Werkstofforschung als Beitrag zur Klärung des Verständnisses von Bruchschäden am menschlichen Knochen nach längerer Dauerbeanspruchung. Er deutet auf das verschiedene Verhalten von Werkstoffen bei statischer oder wechselnder Dauerbeanspruchung hin. Ein wichtiger Faktor ist auch die Form des belasteten Werkstückes. Nicht nur grobe Uebergangsstellen in eine andere Form, sondern auch kleine Kratzer und feine Arrosionen der Oberfläche

wirken als sogenannte Kerbstellen und sind gesetzmäßiger Ausgangspunkt aller Materialbrüche. Besonders bei der Dauerwechselbeanspruchung entstehen hier die ersten feinen Gleitungen im Korngefüge des Werkstoffs; diese sind mikroskopisch als einzelne Gleitlinien zu erkennen, dabei tritt langsam fortschreitende Zermürbung und Bildung von Lockerstellen im Gefüge ein, bis der verbleibende Restquerschnitt schon unter dem Einfluß der Normalbelastung schließlich bricht. Der Dauerbruch zeigt stets eine samtartig feine und glatte Fläche, während Gewaltbrüche grobe, zackige Bruchflächen aufweisen. Es ist am Aussehen daher leicht, die Art der Beanspruchung zu erkennen. Die besondere Bruchgefährdung an Kerbstellen legt den Vergleich mit klinischen Befunden von Deckner, Grette u. a. nahe, die Spontanfrakturen der Tibia nach Spanentnahme zur freien Knochentransplantation beobachtet haben. In allen Fällen handelt es sich um junge Patienten; im Fall von Grette trat die Fraktur 4 Wochen nach dem Eingriff, in den Fällen Deckner's 2, 2½ und 3 Monate danach auf Grund geringfügiger Traumen auf.

Sogenannte Verformungslinien oder Schubebenen konnte Haase an verschiedenen Werkstoffen, so auch am Knochen durch experimentelle Materialzerrüttung darstellen. Sie treten meist in einem ganz bestimmten Winkel zur Belastungsrichtung auf. Solche Verformungslinien auch am lebenden Knochen röntgenologisch darzustellen, gelang Reischauer in sehr anschaulicher Weise bei einem Fall von forciertem Redressement einer rechtwinkligen Kniegelenksankylose. Diese Verformungslinien oder Fließfiguren sind die dem Umbau vorangehenden und ihn anregenden mechanischen Werkstoffveränderungen.

Sehr interessante und weitgehende Einblicke in die feinmechanischen Veränderungen des Knochens geben uns die röntgenokrystallographischen Untersuchungen Henschen's. Danach setzt sich der Knochen in seinem submikroskopischen Feinbau aus folgenden sogenannten Leptonenelementen zusammen: Dem anorganischen Knochen, in seiner Hauptsache aus Krystallen von Carbonat- und Hydroxylapatit bestehend, den parakrystallinen organischen Bauteilen des Knochens, einmal den in bestimmter Richtung

dauernd orientierten Knochenfasern, dann kollagenen Fasern, welche gleichfalls gewachsene krystallisierte „Gele" darstellen. Ein zementartiger Stoff bindet anorganische Vollkrystalle und „organisches Komposit eisenbetonartig zu einem Material höherer Ordnung zusammen von einem mechanischen Leistungsvermögen, welches von den künstlichen Materialien der Technik heute noch nicht erreicht werden kann". Aus den Untersuchungen Henschens seien besonders im Hinblick auf die Ueberlastungsschäden und die Pathologie des Kallus folgende Ergebnisse zitiert: „Sowohl im micellaren organischen Baugebiet des Knochens wie in der molekularatomistischen Struktur der anorganischen Kristalle und der organischen Parakristallite betätigen sich gerichtete Kräfte; bei der Beanspruchung des Knochens verschieben sich die anorganischen Kristalle unter Gleitung auf verschiedenen Ebenen: gelangt die Gleitung in unversehrte Kristallgebiete, so wird die „Gleitdeformation" unter mechanischer Verfestigung des Knochens innerlich abgeriegelt und wechselseitig blockiert", woraus sich der Festigkeitsgewinn des Knochens durch physiologisches Training erklärt. Bei übernützter und entgleister Gleitdeformation durch mechanische Ueberlastung lösen sich die überbeanspruchten Kristalle auf (Ueberbeanspruchungsosteolyse). Beim Erschöpfungsbruch eines mechanisch überlasteten Knochens ist nicht die Fraktur das Primäre, sondern das Ursprüngliche und Ursächliche ist die Materialverschlechterung, indem einerseits die durch die Gewebeerschöpfung entstandenen Abfallschlacken aus dem ermüdeten und erschöpften Material nicht weggeschafft werden, andererseits die mechanisch überlasteten und geschädigten anorganischen Krystalle durch Osteolyse verschwinden... Unter dem Einfluß einer dynamischen Uebernützung, namentlich aber unter dem von Stoßerschütterungen kommt es im erschöpften Knochen oder im überbeanspruchten Kallus zu einer „ostéolysie silencieuse", zu Auflösungserscheinungen des anorganischen Knochenmaterials". Der Körper muß an die bedrohten Stellen ein schlechteres Notmaterial heranbringen, dessen Krystalleigenschaften nicht mehr den Anforderungen entsprechen. „Je schlechteres Baumaterial unter Weiterdauer der mechanischen Schädigung

an die bedrohten Baustellen herangeworfen wird, um so folgenschwerer sind die Auswirkungen auf die strukturempfindlichen Eigenschaften des Einzelkrystalls, der vereinigten Gleitsysteme und des Gesamtknochens, da jede neue, aus der Not kommende Umkristallisierung immer schlechter werdendes Material liefert". Auch der Kallus bedarf einer krystallochemischen Reifung und verhält sich wie ein in Umkrystallisierung begriffenes Material. Nach der etwa 10 14 Tage dauernden Bildung des organischen Grundkallus, die nach dieser Zeit beginnende Phase nennt Henschen die „sensible Phase der Kallusformation", schlagen sich die anorganischen Krystalle „in der organischen Grundmasse nieder unter Bildung der vereinigten Krystallordnungen, der sog. Gleitsysteme". Jeder Eingriff zu dieser Zeit muß zu der oben angeführten Schädigung führen, sei es, daß dies durch unzeitgemäße Repositionsmanöver am Knochenbruch geschehe, oder daß Osteolyse und Kalluserweichung durch Ueberbeanspruchung auftritt. Henschen weist noch auf die besondere Empfindlichkeit des jugendlichen Knochenmaterials hin, welche ja von der überwiegenden Mehrzahl der Autoren betont wird (Asal, Detlefsen, Genz, Ollonqvist, Werthmann u. a.) Wie der Kallus als neugebildeter und noch nicht ausgereifter Knochen, so muß auch der wachsende Knochen als ein „weder chemisch-physikalisch, noch hinsichtlich seiner strukturempfindlichen Eigenschaften reifer Knochen angesehen werden". „Uebersteigerte Stoßerschütterungen bei übertriebener Versteifungsinnervation der Gelenke" wirken hier in noch stärkerem Maße schädigend als übermäßige Dauerbeanspruchung, daher die zahlenmäßige Häufung solcher Schäden in der deutschen und schweizerischen Armee, die einen besonders forcierten Schritt bevorzugt, „dessen gesteigerte Abart der Paradeschritt ist".

Diese Untersuchungsergebnisse Henschen's gewähren uns einen überraschend weiten Einblick in die feinsten Strukturverhältnisse des Knochenmaterials und sind als wegweisend den meisten modernen Ausführungen über die Aetiologie des Ueberlastungsschadens zu Grunde gelegt (Asal, Osterland, Reischauer, Werthmann). Es seien hier den Resultaten Henschen's noch einige neuere

Ergebnisse aus der pathologischen Histologie und aus Versuchen mit der Gewebskultur zur Seite gestellt, die unsere aus den Arbeiten Henschen's gewonnene Vorstellungen von der biologischen Seite her vorzüglich ergänzen. In der ausführlichen Darstellung Lauche's über die Histologie der Fraktur und der Kallusbildung wird darauf hingewiesen, daß wir über die Bedingungen, unter welchen es zur Kalkablagerung im neugebildeten Osteoid kommt, nur mangelhaft unterrichtet sind. Nach Robison's Untersuchungen an Gewebskulturen bedarf es eines besonderen Fermentes, der Knochenphosphoresterase, die in den Osteoplasten gebildet wird. Durch diese werden die in löslicher Form zugeführten Salze gespalten und in unlöslicher Form niedergeschlagen. Die Wirkung der Esterase ist an eine bestimmte Wasserstoffionenkonzentration gebunden; je gleichmäßiger die Kreislaufverhältnisse sind, umso gleichmäßiger und feinkörniger geht die Ausfällung der Kalksalze vor sich.

Bezüglich der chemischen Vorgänge im Frakturgebiet zitiert Lauche folgenden Abschnitt aus dem Buche Häbler's über „Physikalisch-chemische Probleme in der Chirurgie": Ist eine Verletzung des Knochens zustandegekommen, so erfolgt, genau wie bei jeder Wunde, zunächst eine lokale Zunahme der H-Ionenkonzentration und der CO_2-Spannung. Dadurch wird einmal die Zustandsform des im Frakturgebiet vorhandenen Kalziums im Sinne einer Zunahme der Ionisation (also der für jede chemische Reaktion notwendigen Form) verändert und zum anderen aus dem Knochen der Umgebung Kalk gelöst. Mit Einsetzen der reparatorischen Vorgänge kehrt auch die normale Reaktion wieder zurück und die CO_2-Spannung sinkt. Die Reaktion nähert sich einerseits dem Optimum der Phosphatasewirkung und schafft andererseits die Möglichkeit, daß das in größerer Menge herangeholte Kalzium ausfallen und es zur Bildung der ersten Krystallkeime kommen kann. . . Tritt infolge irgendwelcher Störungen die Rückbildung der lokalen Azidität nicht ein, oder besteht eine Aenderung der allgemeinen Stoffwechselrichtung im Sinne einer Azidose, so kann es nicht zur Ausfällung der Salze kommen. Typische Beispiele dafür sind: eintretende Infektion, alte Blutergüsse, langdauernder Zer-

fall zertrümmerten Gewebes und Schwangerschaft (Azidose), sowie Störung der Blutzirkulation (infolgedessen ungenügender Ausgleich der lokalen Azidität), bei denen bekanntlich die Bruchheilung verzögert ist". Diese Feststellungen werden unser Verständnis für eine bisher heftig diskutierte Tatsache zu fördern vermögen, nämlich für den Umstand, daß so grundverschiedene Ursachen zu einer im Aussehen zwar oft recht verschiedenen, im Prinzip aber völlig gleichartigen Erkrankung führen können.

Während Seeliger darauf hinweis, daß den Veränderungen bei der Hungererkrankung eine Osteoporose zu Grunde liegt, so wird neuerdings von Häuptl an Hand histologischer Untersuchungen über die feineren gewebli-chen Vorgänge am gesunden Knochen beobachtet, daß der Umbau bei der Knochentransformation, wenn er eine der neuen Belastungsrichtung entsprechende Struktur anstrebt, durch Anbauvorgänge eingeleitet wird. Häuptl hatte Gelegenheit, im Verlauf seiner orthopädischen Kieferfunktionsbehandlung, die auf funktionell-mechanischem Wege einen Umbau des Kiefers anstrebt, histologische Untersuchungen am Knochengewebe vorzunehmen, und schildert die gefundenen Veränderungen in verschiedenen Stadien nach 3-, 8- und 21-tägiger Behandlungsdauer. Zuerst treten an den besonders belasteten Knochenbälkchen Osteoblastensäume auf, die neben schmalen, neugebildeten und kalklosen Knochenstreifen liegen. In den angrenzenden Markräumen wird Fettmark in Fasermark verwandelt. Erst in einem späteren Stadium werden hyperaemisch erweiterte Gefäße beobachtet; Unnachgiebigkeit der Wände der Knochenbälkchen sowie mangelnde Ausbildung der Lymphgefäße sollen einer oedematösen Stauung und Drucksteigerung günstig sein, womit denn nach der von Pommer aufgestellten Osteoblastenlehre die Bedingungen auch für das Auftreten der Osteoklasten erfüllt sind. Solche Osteoklasten hat Häuptl denn auch in diesem Stadium neben hyperaemisch erweiterten Gefäßen und lebhafter Gewebsneubildung, z T. in Howship'schen Lakunen angetroffen.

Wir müssen uns vorstellen, daß diese von Häuptl geschilderten An- und Abbauvorgänge die Antwort auf eine mechanische Beanspruchung darstellen, die noch innerhalb

des physiologischen Maßes funktioneller Anpassung liegt, besonders da die Behandlung nur während der Nacht angewandt wird. An- und Abbau werden sich in ihren Ausmaßen zum mindesten die Waage zu halten vermögen, wenn nicht die ersteren überwiegen, was wohl zumeist der Fall sein wird. Dagegen wird dort, wo die funktionelle Beanspruchung das physiologische Maß übersteigt, das umgekehrte Verhältnis eintreten. Baetzner spricht von einer funktionellen Atrophie und deutet darauf hin, daß die Lehre Roux's nicht mehr aufrecht erhalten werden kann, da diese Lehre eine Steigerung der Funktion einfach mit Hypertrophie und eine Verminderung der Funktion mit Atrophie gleichsetzt. So prägt Baetzner den Begriff der „Pathologie der Funktion". Walter glaubt die Lehre Roux's damit aufrecht erhalten zu können, daß der Knochen die fortwährende Biegungsbeanspruchung schließlich mit einem „Gelenkigwerden" beantworten wolle, weil die Funktion im Sinne der Anpassung eine Beweglichkeit fordert.

Die Frage, ob die Umbauzonen im Sinne Looser's und Seeliger's und die Ueberlastungsschäden am gesunden Knochen eine einheitliche Erkrankung darstellen, wird noch sehr verschieden beantwortet. Osterland lehnt Gleichsetzung von „Spontanfrakturen" mit sogenannten Insuffizienzschäden ab, da ihnen der Knochenumbau bei Krankheitsbeginn fehle und das primäre Geschehen stets die mechanische Zusammenhangstrennung sei, die man auch in röntgenologisch negativen Fällen als feinste mikroskopische Verletzungen vermuten muß. Besonders Küntscher macht auf die Unterschiede zwischen den typischen Looser'schen Umbauzonen und den reinen Ueberlastungsschäden aufmerksam. Wohl ist die Lokalisation dieselbe, Lage und Verlauf entsprechen sich, auch sind die klinischen Symptome ähnlich; die Umbauzonen treten aber in der Mehrzahl der Fälle am pathologischen Knochen auf, während die Ueberlastungsschäden am gesunden Rekruten beobachtet werden. Doch gibt auch Küntscher die Möglichkeit des Auftretens derartiger Umbauzonen am normalen Knochen zu, wie es die Versuche von Martin, Müller und Walter zeigen. Dann weist er auch auf den Unterschied im Aussehen hin: Für die Ueberlastungsschä-

den ist ein feiner Bruchspalt typisch, während Umbauzonen einen sehr breiten Spalt mit glatten Begrenzungen aufweisen. Für die Entstehung beider sind mechanische Momente von Bedeutung, so findet man auch beide an den Stellen der sogenannten Spannungsspitzen, aber während die Umbauzonen eine biologische Reaktion auf wechselnde Beanspruchung des Knochens darstellen und zu ihrer Entwicklung einige Wochen Zeit brauchen, sind die Ueberlastungsschäden als durch rein mechanische Vorgänge ausgelöste Dauerbrüche reine Frakturen. Küntscher lehnt deswegen fließende Uebergänge zwischen den beiden Krankheitsformen, so wie sie Reischauer befürwortet, ab. Reischauer erkennt auch durchaus die von Küntscher hervorgehobenen Unterschiede, weist aber darauf hin, daß nur das Verhältnis von Dauerbeanspruchung und Leistungsfähigkeit des Knochens entscheidend ist. Bei stärkster, akuter Ueberbeanspruchung kommt es zur Spontanfraktur; beim nicht so akuten mehr chronischen Mißverhältnis, das den reparatorischen Vorgängen Zeit läßt, kommt es zur „reaktiven, zonenförmigen, zellulären Aufbaustörung an entsprechender Stelle des Knochens, deren klassisches Extrem die sogenannte Umbauzone ist". Ob sich eine röntgenologische Aufhellung findet, oder mehr eine durch zonenförmige Periostitis bedingte Verschattung, ist im Grunde gleich, beides sind Umbauzonen, nur handelt es sich im ersten Fall um kranken Knochen, bei dem die Periostverkalkung ausbleibt. Auch Asal nimmt an, daß die Entstehungsbedingungen für die Looser'schen Umbauzonen und die Ueberlastungsschäden bei unseren gesunden Soldaten im Prinzip dieselben sind, „vielleicht liegt dabei nur der Unterschied vor, daß es im pathologisch veränderten Knochen, sei es bei den im Umbau befindlichen Transplantaten (Lexer) oder bei der Osteomalazie, der Rachitis oder Hungerosteopathie, schon bei ganz geringfügigen mechanischen Einwirkungen zum Auftritt der primären Fissuren kommt, die infolge ihrer Feinheit zunächst unerkannt bleiben und erst offenbar werden, wenn sich Sekundärerscheinungen in Form von Umbauzonen oder ähnlichen Veränderungen ausgebildet haben".

Es bleibt auch auffällig und bestätigt durchaus die An-

sicht Reischauer's, daß wir bei all denjenigen Fällen, die sich auf gesunde Menschen beziehen und für die eine sichere mechanische Ueberbeanspruchung erwiesen ist, die „Umbauzone" als röntgenologische Verdichtungszone dargestellt sehen (Osterland, Scherf, Närvi, Asal, Detlefsen), wobei natürlich nicht die stets aufgehellt erscheinenden feinen Fissuren und Infraktionen gemeint sein sollen, sondern deren Umgebung, die „Zone" im eigentlichen Sinn des Wortes. Dort aber, wo die Zone als ausgesprochene Aufhellung in Erscheinung tritt (die spätere Verwandlung in eine Verdichtungszone ist als Zeichen der Heilung zu deuten (Werthmann)), findet man von den berichtenden Autoren häufig die Vermutung ausgesprochen, daß eine Schädigung des Knochens oder allgemeine Erkrankung, wie mangelhafte Ernährung, Avitaminose, Stoffwechselstörungen oder Spätrachitis vorliegt (Reischauer, Schneider, Werthmann). Es könnte also das Aussehen der Umbauzone, für deren richtige Erkennung die Verwendung bester Röntgenapparate erforderlich ist (Werthmann, Reischauer), einen wichtigen Hinweis auf Art und Ursache der Erkrankung geben!

Ganz allgemein wird auf die besondere Disposition des Asthenikers hingewiesen, dessen lange und verhältnismäßig dünne Röhrenknochen besonders leicht der Ueberlastung ausgesetzt sind. (Hopfengärtner, Osterland, Asal, Werthmann). Nach Werthmann werden neben den Asthenikern auch viele athletische Typen betroffen, die durch „Mangel an körperlicher Eleganz des Bewegungsablaufs" Ueberbeanspruchungen nicht genügend auszugleichen wissen, während die „elastischen Sporttypen" angeblich nie befallen sind. Auch Platt- und Knickfüße, die wenig ausgeprägt zu sein brauchen, sollen nach seiner Meinung eine Rolle spielen. Nach den Beobachtungen von Düms werden kurze und breite Füße besonders leicht von der Marschfraktur befallen. Unter 60 Erkrankungen der Tibia konnte Ollonqvist eine besondere Disposition durch Plattfuß nicht feststellen. Osterland weist auf Rassendisposition hin, der nordische Typ (lange Röhrenknochen!) scheint sehr viel häufiger an Ueberlastungsschäden zu erkranken, wofür die zahlreichen militärärztlichen Beobachtungen in den skandinavischen Ländern sprechen.

Zusammenfassung.

Der Ueberlastungsschaden am Knochensystem ist eine heute recht häufig beobachtete Erkrankung. Er äußert sich als Spontanfraktur, häufig aber als sogenannte Umbauzone, die unter bestimmten subjektiven Beschwerden und klinischen Symptomen an zahlreichen, aber typischen Stellen des Skeletts auftritt. Diese immer wiederkehrende Lokalisation entspricht dem Ort des geringsten Widerstandes gegen mechanische Beanspruchungen des Knochens, wie durch zahlreiche experimentelle Versuche nachgewiesen werden konnte. Welcher Skeletteil im einzelnen betroffen wird, ist individuell verschieden und hängt erstens von der Art der Beanspruchung, zweitens aber von den statischen Verhältnissen ab, denen zufolge ein bestimmter Skeletteil der stärksten Beanspruchung unterworfen ist. Besonders disponiert sind die langen Röhrenknochen und unter diesen die Mittelfußknochen, die Tibia und die Fibula. Am häufigsten findet sich die Erkrankung unter Rekruten, daneben wird sie aber auch immer zahlreicher unter Arbeitern, Sportlern und Personen beobachtet, die sich keiner besonderen körperlichen Ueberanstrengung aussetzen. Betroffen werden zumeist Jugendliche, aber nicht ausschließlich. Im Vordergrund der Aetiologie steht die mechanische Ueberbeanspruchung. Noch umstritten ist die Frage innerer Krankheitsursachen, wie Störungen endokriner Art, Ernährungsmängel und Avitaminosen, deren Vorhandensein die mechanische Schädigung begünstigt. Sicher ist, wenigstens soweit es Jugendliche betrifft, daß die Erkrankung auch ganz Gesunde befallen kann. Wieweit die hier angetroffenen Umbauzonen mit den von Looser bei der Rachitis und ähnlichen Erkrankungen gefundenen und von ihm so benannten Veränderungen in Zusammenhang stehen, wird verschieden beurteilt, doch muß trotz des verschiedenen Aussehens, auf das manche Autoren hinweisen, ein enger Zusammenhang, der auch fließende Uebergänge bedingt, anerkannt werden. Maßgebend für die sehr verschiedene Form, in der der Ueberlastungsschaden einmal als schon nach wenigen Stunden auftretende Spontanfraktur ohne Reaktion der Umgebung oder als reine Umbauzone oder

aber als Kombination beider Formen auftreten kann, ist das Maß und die zeitliche Dauer der Beanspruchung, und wieweit diese dem Knochen die Möglichkeit zu einer biologischen Reaktion auf die ersten Schädigungen im chemophysikalischen Feinbau desselben gewährt. Für alle Formen der Erkrankung müssen diese feinsten, mechanisch bedingten Zerstörungen im kristallinen Feingefüge des Knochens, wie Henschen sie nachgewiesen hat, als primärer Vorgang angesehen werden, die röntgenologisch darstellbaren und klinisch in Erscheinung tretenden Veränderungen aber als sekundäre Reaktion auf diese, die je nach dem, ob es sich um einen gesunden oder kranken Organismus handelt, verschieden ausfallen kann. Diesen Erwägungen entspringt auch das therapeutische Vorgehen, vor allem aber hat es sich nach den Grundsätzen der Frakturbehandlung zu richten. Wichtiger ist, worauf besonders von den Militärärzten hingewiesen wird, die Prophylaxe; da im Gegensatz zu früheren Auffassungen der funktionellen Anpassung bestimmte physiologische Grenzen gesteckt sind, ist bei allen funktionellen Anforderungen, die an den menschlichen Bewegungsapparat gestellt werden, insbesondere aber im sportlichen Training, diesen Verhältnissen Rücksicht zu tragen.

Literaturangabe:

Asal: Ueberlastungsschäden am Knochensystem bei Soldaten. Arch. f. klin. Chir. Bd. 186, S. 511, 1936.

Axhausen: Ueber einfache aseptische Knorpel- und Knochennekrosen. Arch. f. klin. Chirurg. Bd. 99.

Bätzner: Sport- und Arbeitsschäden. Leipzig 1936.

Bela Alexander: Die ostealen Veränderungen bei kongenitaler Syphilis. Leipzig 1915, S. 74 u. ff.

Deckner: 3 Fälle von Spontanfraktur der Tibia nach Spanentnahme. Zbl. f. Chir. 1932, S. 3028.

Detlefsen: Ueberlastungsschäden des Knochensystems beim Reichsarbeitsdienst. Münch. med. Wschr. 1937, S. 1294.

Deutschländer: Ueber eine eigenartige Mittelfußerkrankung. Zbl. f. Chirurgie 1921, S. 1422.

Düms: Handbuch der Militärkrankheiten. Leipzig 1896. Bd. I, S. 150 u. S. 165.

Erb: Kallusbildung ohne Fraktur am 3. Metakarpale. Dtsch. med. Wschr. 1935, S. 1343.

Fromme: Die Bedeutung der Looser'schen Umbauzonen. Arch. f. klin. Chirurgie 1921, Bd. 116.

Genz: Vermehrtes Auftreten der alten Marsch- und Fußgeschwulst. Veröff. Heeressanitätswes. 1935, H. 98, S. 58.

— Periostale Auflagerungen am Schienbein mit Spontanfraktur. Veröffentl. Heeressanitätswes. 1935, H. 98, S. 65.

Grette: Un cas de frakture spontanée après prélèvement de greffon. Revue d'Orthop. 22, S. 67, 1935.

Haase: Schubebenen und Zerrüttungszonen beim Knochenbruch. Arch. f. Orthop. u. Unfallchir. 1937, Bd. 37, S. 592.

Hass: Die Entstehung der sog. Belastungsdeformitäten im Lichte neuerer Forschungen. Wien. med. Wschr. 1923, S. 233.

Häuptl: Histologische Untersuchungen über die feineren geweblichen Vorgänge bei der Knochentransplantation. Münch. med. Wschr. 1938, S. 1849.

Henschen: Röntgenkristallographische Untersuchungen des Knochens. Chirurgenkongreß 1933 u. 1936. Arch. f. klin. Chir. Bd. 186, S. 98 u. Bd. 177, S. 91.

Hopfengärtner: Zur Entstehung von Wadenbeinbrüchen. Dtsch. Militärärztliche Ztschr. 1907, S. 100.

Köpchen: Ueber das gehäufte Auftreten der sogenannten Schipperkrankheit bei Erdarbeitern. Dtsch. med. Wschr. 1935, S. 1271.

Küntscher: Der Nachweis von Spannungsspitzen am Knochen und seine Bedeutung für die Aetiologie mechanisch entstehender Knochenkrankheiten. Zbl. f. Chir. 1935, S. 2808.
— Eine neue Umbauzone. Zbl. f. Chir. 1937, S. 2755.
— Experimentelle Erzeugung von Ueberlastungsschäden am Knochen. Zbl. f. Chir. 1938, S. 964.
— Ueber das Wesen der mechanisch bedingten Knochen- und Gelenkerkrankungen. Arch. f. klin. Chir. 1938, Bd. 193, S. 665.
Lange, Chr.: Ueber Elastizität in Rückenwirbeln und über die Osteomalacia traumatica. Verhandl. d. dtsch. orthop. Ges. Dresden, 15. Kongreß 1920, S. 589.
Lauche: Handb. d. spez. Pathol. Bd. 9/3, S. 216, 227, 255.
Looser: Ueber Spätrachitis und Osteomalazie. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 1920, Bd. 152, S. 210.
— Ueber Spätrachitis und die Beziehungen zwischen Rachitis und Osteomalazie. Mitt. a. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chirurgie 1908, Bd. 18, S. 728 u. ff.
Martin: Ueber experimentelle Pseudarthrosenbildung und die Bedeutung von Periost und Mark. 1920. Arch. f. klin. Chir. Bd. 114, S. 664.
Müller, W.: Die normale und pathologische Physiologie des Knochens. Leipzig 1924.
— Experimente zur Frage des Einflusses der mechan. Beanspruchung auf Knochen und Wachstumszonen. Bruns Beitr. z. klin. Chir. Bd. 130, S. 459.
— Umbauzonen an den Dornfortsätzen kyphotischer Wirbelsäulen als Ursache von Schmerzzuständen. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. 1933. Bd. 48, S. 639.
Momburg: Der Gang des Menschen und die Fußgeschwulst. Bibliothek v. Coler 25. Berlin 1908.
Närvi: Durch Ueberlastung hervorgerufene Knochenerkrankungen. Act. chir. scand. Bd. 68, 1931.
Ollonquist: Ueber Kallusbildung am Schienbein ohne Knochenbruch. Arch. f. klin. Chir. 1931, Bd. 166, S. 413.
Osterland: Spontanfrakturen bei Soldaten nach Reichsheerbeobachtungen. Arch. f. klin. Chir. 1934, Bd. 179, S. 567,
Peritz: Demonstration eines Falles von Umbaufraktur. Zbl. f. Chir. 1926, S. 607.
Pommer, G.: Untersuchungen über Osteomalazie und Rachitis. Leipzig 1885.
Pommer, O.: Ueber Osteoporose, ihren Ursprung und ihre differentialdiagnostische Bedeutung. 1925. Arch. f. klin. Chir. Bd. 136,
Raess: Demonstration von spontanen Tibiafrakturen. Dtsch. Med. Wschr. 1936, S. 450.
Reischauer: Ermüdungs- und Uebernutzungserscheinungen am Knochen. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. 1938, S. 343,
Remé: Ueber umbauende Knochensyphilis. Beitr. z. path. Anat. Bd. 92, S. 290.

Rostock: Differentialdiagnose zwischen Schipperkrankheit und echter Dornfortsatzfraktur. 1938. Arch. f. klin. Chir. Bd. 193, S. 176,

Roux: Das Gesetz der Transformation der Knochen. Berl. klin. Wschr. 1893.

Scherf: Frakturen oder Umbauzonen an der Fibula im Anschluß an besondere sportliche Beanspruchung. Zbl. f. Chir. 1933, S. 2739.

Schneider: Leistungssteigerung durch regulatorische Zellstimulation. 1936. Arch. f. klin. Chir. Bd. 186, S. 267.

Seeliger: Spaltbildungen in den Knochen und schleichende Frakturen bei den sogenannten Hungererkrankungen. 1922. Arch. f. klin. Chir. Bd. 122, S. 588.

Simon: Ueber Hungererkrankungen des Skelettsystems. Münch. med. Wschr. 1919., S. 799.

Strohmann: Zur Frage der Spontanfrakturen bei Osteomalazie und osteomalazieähnlichen Erkrankungen. 1920. Fortschritte a. d. Geb. d. Röntgenstr. 27, S. 529.

Thum: Die Entstehung von Brüchen durch Dauerbeanspruchung. Med. Klinik 1937, S. 1599.

Vogel: Ueber eine eigenartige Mittelfußerkrankung. Zbl. f. Chir. 1922, S. 505.

Wachsmuth: Ueber Dienstschäden am Bewegungsapparat. D. dtsch. Militärarzt 1937, S. 193.

Walter: Die klinische Bedeutung der Umbauzonen des Knochens. 1934. Arch. f. klin. Chir. Bd. 178, S. 116,

Werthmann: Der Ueberlastungsschaden beim Soldaten. 1937. Der dtsche. Militärarzt 2, S. 393.

Lebenslauf.

Als Sohn des deutschen Historikers und Schriftstellers Universitätsprofessors a. D. Dr. Eduard Heyck bin ich am 1. 4. 1912 in Ermatingen am Bodensee in der Schweiz geboren, auch meine Mutter, geb. Schaumann, ist deutscher Herkunft. Die Schulen absolvierte ich in der Schweiz und bestand im Herbst 1930 an der humanistischen Abteilung des Gymnasiums in Winterthur das Abitur. Im Frühjahr 1931 begann ich das medizinische Studium in München, das dritte Semester verbrachte ich in Montpellier in Südfrankreich, nach 2 weiteren Semestern in Greifswald bestand ich im Herbst 1933 das Physikum. Von den klinischen Semestern verbrachte ich je eines in München, Hamburg und Paris, 3 Halbjahre studierte ich in Berlin, wo ich im Januar 1937 das Staatsexamen mit dem Prädikat „Gut" bestand. Als Medizinalpraktikant war ich 2 Monate am Tropenkrankenhaus in Hamburg und 10 Monate auf der Inneren Abteilung des Elisabeth-Krankenhauses (Prof. F. W. Bremer) tätig. Am 1. Februar 1938 erhielt ich meine ärztliche Approbation.